



Cirad
Campus de Baillarguet

34 398 MONTPELLIER Cedex 5
France

L'insémination artificielle des volailles

Note bibliographique

Par ***Christian Meyer*** *
et ***Roger Rouvier*** **

* UR18 Systèmes d'élevage et produits animaux, Dep. Environnement et Société, Cirad, TA C18/A, BP 5035, 34 398 Montpellier Cedex 5, France

** 10 Route de la Place, 31320 Rebigue
ancienne adresse: INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, Centre de recherche de Toulouse, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan, France

Août 2009

Résumé

L'insémination artificielle des volailles est une technique qui présente des avantages mais aussi des contraintes et qui est employée largement surtout pour les pintades, les dindes et les canards en particulier dans le croisement inter générique produisant le mulard. L'appareil reproducteur des volailles présente des différences notables par rapport à celui des mammifères. Il est adapté à la production d'œufs. Le sperme des mâles a un faible volume et une forte concentration. La durée d'incubation des œufs varie avec les espèces. La reproduction des volailles est fortement liée à la photopériode. La survie prolongée des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles après une seule insémination détermine une période fertile dont la durée moyenne est caractéristique de chaque espèce.

La récolte du sperme se fait selon les espèces par massage ou en utilisant un boute-en-train. Le sperme est examiné (volume et concentration surtout) et peut être dilué. Il peut être mis en place très rapidement avec de la semence fraîche, par exemple dans la demi-heure (température ordinaire) ou dans les 24 heures (réfrigération) chez la poule, ou plus rarement conservé très longtemps avec de la semence congelée. La fréquence des inséminations pour un taux de fécondation optimum dépend de la durée de la période fertile. Les résultats varient fortement avec l'espèce animale et la technique utilisée.

Mots-clés : Reproduction, insémination artificielle, volailles, poule, dinde, pintade, oie, canard

Abstracts

The technique of artificial insemination has advantages and constraints and is used mainly for guinea-fowl, turkeys and ducks specially in the intergeneric crossbreeding for mule duck production. The reproductive system of poultry is notably different from that of mammals. It is adapted to egg production. The male semen has a low volume and a high concentration. The duration of egg incubation varies depending on the species. Poultry reproduction is closely related to the photoperiod. The prolonged survival of spermatozoa in the oviduct after a single artificial insemination determine the duration of fertile period the average length of which is a feature of each species.

Semen collection is done by massage or using a teaser-female. The semen is examined (mainly volume and concentration) and can be diluted. It can be inseminated quickly with fresh semen, for example within half an hour (at room temperature) or within 24 h (after refrigeration) in hens, or preserved a long time with frozen semen. The frequency of artificial inseminations for an optimum fertility rate depends on the fertile period. Results vary widely according to the animal species and the technique used.

Key-words : Reproduction, artificial insemination, poultry, hen, turkey, guinea-fowl, goose, duck

Abréviations

IA = insémination artificielle
spz = spermatozoïde(s)

Introduction

Les premières inséminations artificielles en aviculture en France ont eu lieu entre 1935 et 1939 avec Letard et Laplaud (Camy, 1973). L'insémination artificielle (IA) en aviculture s'est développée à partir de 1968 d'abord sur les dindes. Cette technique concerne surtout les dindes et les pintades, ensuite les canards (production de mulards), moins les poules, et beaucoup moins les oies. Les raisons principales de ces emplois sont chez les dindes le dimorphisme sexuel en poids corporel, chez la pintade l'optimisation du sex-ratio, et chez le canard, la faible fertilité de la saillie naturelle dans le croisement inter générique du canard de Barbarie et de la cane commune Pékin pour produire les canetons mulards. Dans ces cas l'IA est utilisée uniquement comme technique de reproduction. La sélection génétique est une autre raison d'utilisation de l'IA (Blesbois *et al.*, 2006, Blanco *et al.*, 2009). L'IA peut être pratiquée chez l'oie pour la sélection ou lorsque des jars sont défailants en cours de cycle de reproduction. En France, les firmes de sélection pratiquent l'insémination artificielle chez dindes, pintades, oies, canards de barbarie, canard commun et poules. Ce sont les accoueurs qui pratiquent l'IA dans le croisement inter générique des canards pour produire les œufs fécondés qui donneront les canetons mulards. Ainsi les 40 millions de canards mulards mâles gavés pour obtenir le foie gras par an en France sont produits par insémination artificielle (seuls les mâles sont gavés, les femelles peuvent être utilisées pour la production de viande). De même, des accoueurs pratiquent l'IA des dindes et pintades pour produire les œufs fécondés qui donneront les dindonneaux et pintadeaux d'un jour diffusés par les couvoirs. Aux USA, plus de 300 millions de dindes naissent par insémination artificielle chaque année (Blanco *et al.*, 2009). L'insémination artificielle concernait 95 à 100 % des dindes en France en 1988 (de Reviers, 1988). L'IA des volailles est développée en Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest, mais aussi en Asie, en Europe de l'Est et en Amérique du Sud. Pour les poules, 20 % des femelles seraient inséminées, surtout en Asie (Blesbois *et al.* 2006).

Les **avantages** de l'insémination artificielle comparée à la saillie naturelle sont par exemple :

- Amélioration de la fécondité quand elle est faible, surtout chez la dinde (ou chez la cane commune mère du mulard). Chez la dinde, la méthode évite le gaspillage de sperme de dindon et permet de régulariser les femelles servies. Le dimorphisme sexuel est devenu très prononcé, la fécondation naturelle devenant impossible : dindes de 8 à 12 kg et dindons de plus de 30 kg. Chez la cane commune mère du mulard, le taux de fertilité des œufs qui était au mieux de 40 % en accouplement naturel est maintenant de 70-82 % en IA.

- Sélection des reproducteurs pour répondre aux exigences du marché.

L'IA est intéressante à utiliser dans la production de poussins de chair lorsque l'on croise un coq très lourd avec une poule « nanifiée » portant le gène Dw de nanisme lié au sexe.

Les IA avec du sperme congelé/décongelé peuvent être utilisées chez la poule pour une diffusion du progrès génétique par la voie mâle.

Chez les pintades, la sélection des reproducteurs qui nécessite d'identifier les œufs pour connaître l'ascendance des poussins, a obligé à les élever dans des cages individuelles en batteries et donc à pratiquer l'insémination artificielle.

- Diminution du prix de revient des poussins produits, souvent de meilleure qualité, chez la poule. En comparant les résultats de la reproduction naturelle au sol (10 p. 100 de coqs) et de l'insémination naturelle en cages (3 p.100 de coqs) de poules « nanifiées » de type chair l'insémination artificielle permet de diminuer d'environ 10 p.100 le prix de revient des poussins d'un jour. Cela étant dû à un taux de fécondation plus élevé, à la réduction du nombre de coqs et à la diminution de la consommation alimentaire des animaux reproducteurs des deux sexes élevés en cages. Il faut cependant signaler que le temps d'inséminations et l'amortissement de l'investissement en cages ne sont pas comptés (Reviers 1988, dans Sauveur, p. 226-227).

- Diminution du nombre de coqs à conserver, à loger, à nourrir, à soigner, etc. Pour les poules, au lieu de 8 à 10 coqs pour 100 poules, on passe à 2 à 4 coqs pour 100 poules, soit

2 à 5 fois moins. De même, il suffit de 3 coqs dindons pour 100 dindes et d'un canard pour 30 canes.

- Elimination des animaux improductifs, coqs stériles ou peu fertiles, et poules peu pondeuses.
- Suppression de la hiérarchie sociale du troupeau, les sexes étant séparés.
- Sélection des coqs selon leur pouvoir fécondant.
- Eradication de certaines maladies.
- Entretien des mâles et des femelles en cage. Cela permet une densité plus importante, donc moins de servitudes (alimentation, enlèvement des fientes), une meilleure hygiène, un meilleur rationnement, un meilleur contrôle de l'environnement (la pintade est sensible aux variations saisonnières et aux facteurs climatiques dont les effets sont atténués en cages ; le poulailler « obscur » permet avec un printemps artificiel toute l'année d'augmenter les pontes) et une récolte d'œufs propres, faciles à ramasser (Morin, 1976 ; IMV, 1980 ; Brillard et de Reviers, 1989).

L'élevage en cage et l'IA sont devenus nécessaires pour faciliter la réalisation des programmes de sélection génétique en permettant un contrôle individuel des œufs pondus et la connaissance des généalogies. Cela se faisait, avant l'IA et l'élevage en cage individuelle, par un élevage en parquets « pedigree » de un seul mâle et plusieurs femelles qui poussaient chacune dans des nids trappes.

Dans le cas où l'IA est une technique de reproduction, comme dans le croisement inter générique des canards produisant les canetons mulards, les reproductrices sont élevées au sol. Les canes de souches Pékin sélectionnées pour le mulard par les unités de sélection sont contrôlées en cages individuelles.

- Production d'œufs de pintades même en hiver grâce aux programmes lumineux et à l'insémination (Camy, 1973).

- Cryopréservation du sperme pour la conservation de ressources génétiques en danger, dont le succès est très variable avec les races et avec les individus (Blesbois *et al.* 2008).

Plus de 40 espèces d'oiseaux sauvages ont été concernées (Blanco *et al.* 2009).

Un intérêt de la congélation de la semence de coqs est la cryopréservation des ressources génétiques par la conservation d'échantillons de semence dans la Cryobanque.

Des inconvénients existent :

- Nécessité d'une main-d'œuvre spécialisée compétente, acceptant un travail répétitif à cadence élevée. Il faut 2 personnes pour la collecte du sperme. Le coût de cette main-d'œuvre rend la méthode moins intéressante pour les poules (sauf pour les souches en sélection).
- Augmentation des investissements : batteries de cages surtout soit + 10 à 25 %.
- Augmentation des maux de patte et de dégénérescence graisseuse.
- Augmentation du pourcentage d'œufs cassés (Morin, 1976 ; Brillard et de Reviers, 1989).

I. Bases anatomiques et physiologiques

A. L'appareil reproducteur

Chez la femelle, l'appareil reproducteur sert à produire et expulser des œufs. Leur développement se fait hors du corps de la mère. L'appareil reproducteur est asymétrique. La partie droite est atrophiée pendant le développement embryonnaire et la partie gauche développée.

L'**ovaire** est situé dans la cavité abdominale sous le rein gauche, tenu par un méso du péritoine. Chez la poule, c'est une grappe de 7 à 10 gros follicules (ovisacs) et de nombreux petits follicules (plus de 1000 visibles à l'œil nu), chacun d'entre eux étant fixé par un pédicule. Le diamètre de la grappe est de 7 à 10 cm.

L'**oviducte** de la poule est un tube de 70 cm de long comportant 5 parties (Figure 1) :

- le pavillon ou infundibulum, vaste, qui recueille les ovules pondus.
- le magnum, à paroi extensible, qui sécrète le blanc de l'œuf ou albumen,
- l'isthme, un peu plus étroit, qui sécrète les membranes coquillières,
- l'utérus ou glande coquillière, une poche à parois épaisses, terminé par un sphincter, qui forme la coquille de l'œuf,
- le vagin, long de 10 cm, débouchant dans le cloaque, dans sa partie gauche.

A la base de l'infundibulum et au niveau de la jonction utero- vaginale (J.U.V, Figure 1) se trouvent des invaginations de la muqueuse qui sont des glandes tubulaires dans lesquelles sont stockés les spermatozoïdes (spz, Figure 1) (Sauveur, 1988). Elles ont un rôle important dans la physiologie de la reproduction des oiseaux. Celles situées au niveau de la jonction utero vaginale sont les glandes spermatiques utero vaginales..

Chez le mâle, les testicules et les voies déférentes sont doubles et l'appareil éjaculateur est unique. Les **testicules** sont internes (à la même température que le corps : 41 à 43°C chez le coq), situés juste sous les premiers lobes des reins, fixés par un méso très court et très vascularisé. La taille varie beaucoup selon les individus et un peu selon les saisons. Les testicules ne sont pas cloisonnés. Les **voies déférentes** comportent rete testis, canaux efférents, canaux épидидymaires, canaux déférents débouchant dans le cloaque par 2 vésicules spermatiques. Il n'y a pas de glandes annexes.

L'**appareil éjaculateur** est constitué par des replis érectiles, le phallus et les 2 corps vasculaires paracloacaux. Le phallus du coq, du dindon ou du pintadon est vestigial. Au moment de la copulation, il est appliqué au cloaque de la femelle. Le phallus des palmipèdes (canards, oies) forme une gouttière spiralée de 12 à 15 cm (Sauveur, 1982 ; Soltner, 1993).

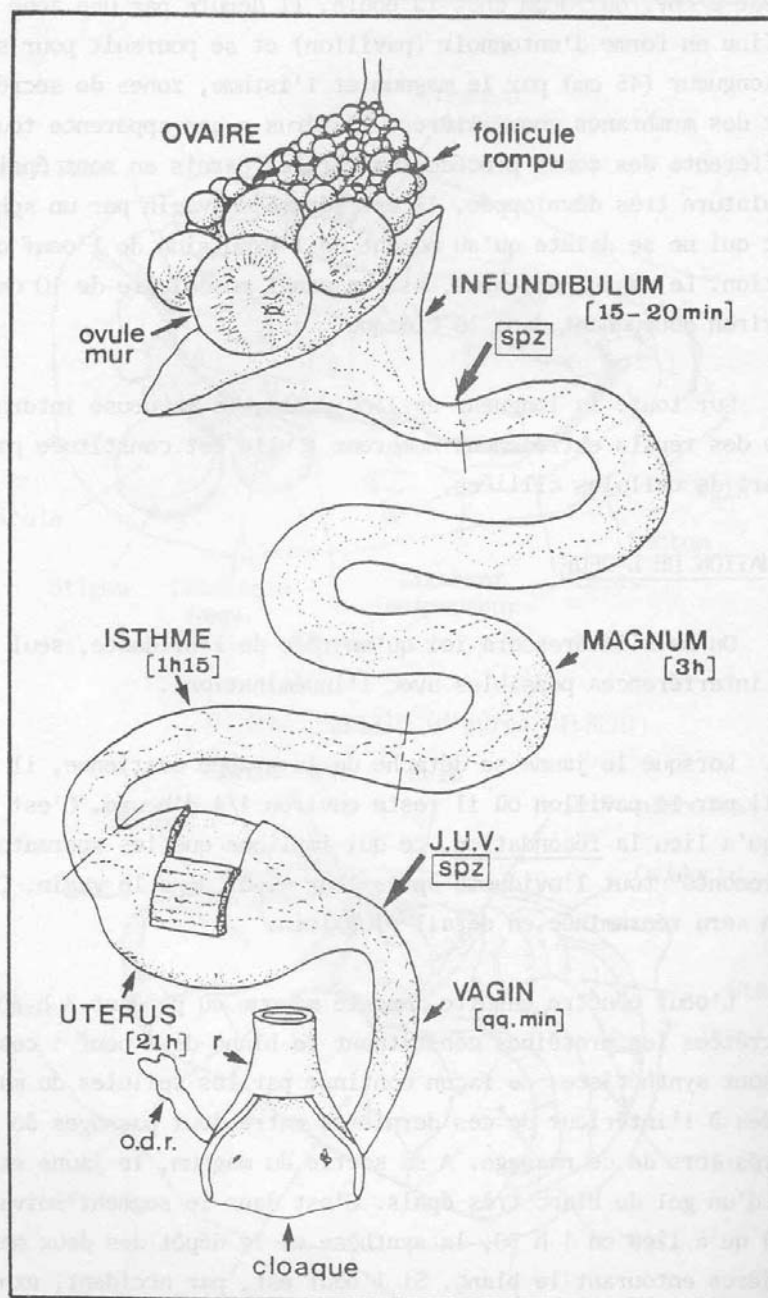


FIGURE 2 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'OVIDUCTE ET TEMPS DE SEJOUR DE L'OEUF EN FORMATION (CHEZ LA POULE)

spz : zones de stockage des spermatozoïdes ; J.U.V. : jonction utéro-vaginale.

Figure 1 : Appareil reproducteur de la poule (Sauveur, 1982)
Odr = Oviducte droit rudimentaire

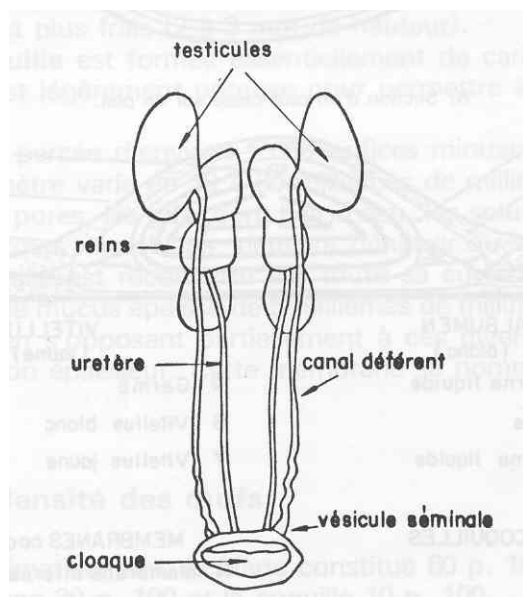


Figure 2 : Appareil reproducteur du coq (Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 1991)

B. Le sperme

Le volume du sperme est petit et le sperme est très concentré (Tableau I).

Tableau I : Caractéristiques principales du sperme des volailles domestiques et nombre de doses moyennes de semence fraîche (d'après *Sauveur, 1988)

Espèce	Volume (ml) *	Concentration (milliards de spz par ml) *	Spz par éjaculat (millions) en moyenne (calcul)	Doses de semences fraîches (millions de spz)	Nbre moyen de doses par éjaculat (calcul)
Coq					
- souche légère	0,2-0,8	1-4	2000	200	10
- souche lourde	0,8 (0,3-1,5)	3-10	4000	200	20
Dindon	0,3 (0,2-1,0)	6-12	2700	150	18
Pintade	0,05-0,25	5-8	650	50	13
Canard commun	0,2-1,2	1-4	1400	50	28
Canard de Barbarie	0,05-1,5	1-4,5	2000	50	40
Oie	0,3 (0,1-0,5)	0,2-1,0	150		

Spz = spermatozoïdes

Tableau II : Caractéristiques principales du sperme des canards domestiques à Taiwan et nombre de doses moyennes de semence fraîche (Mme J. Jane Tai, citée par Rouvier *et al.* 1984)

Espèce	Race	Volume (ml)	Concentration (milliards de spz par ml)	Spz par éjaculat (millions)	Nbre moyen de doses par éjaculat
Canard commun	Pekin	0,5	4	2000	40
Canard commun	Tsaiya	0,2-0,3	7	1750	30
Canard de Barbarie		1,0-1,5	1,8	2000	40

Dans la région du Sahel au Nigeria, Bah *et al.* (2001) ont étudié les caractéristiques du sperme de coqs locaux. Le volume est $0,28 \pm 0,14$ ml et la concentration $2,26 \pm 1,08$ milliards de spz par ml. La corrélation positive entre le nombre total de spz et le volume du sperme permet de suggérer de sélectionner les coqs selon le volume de leur sperme.

C. La fécondation

L'on désigne par taux de fertilité le pourcentage du nombre d'œufs fécondés par rapport au nombre d'œufs mis en incubation, évalué par mirage des œufs en général vers le 7^{ème} jour d'incubation. Cela permet de distinguer les œufs non fécondés de ceux avec un développement embryonnaire. Les œufs avec une mortalité embryonnaire très précoce ne sont pas identifiés comme œufs fécondés. Ce premier mirage a pour but d'éliminer les œufs clairs (non fécondés) et ceux avec embryons morts. Un deuxième mirage a lieu avant la mise en éclosoir pour éliminer les œufs avec embryons morts depuis le premier mirage.

Une caractéristique des volailles est qu'elles peuvent pondre des œufs fécondés pendant plusieurs jours après une seule insémination. Ainsi Lake (1975) a défini une **durée de la période fertile** qui est la durée entre l'insémination et le dernier œuf fécondé pondu. Les spermatozoïdes inséminés sont déposés dans le vagin. La durée de la période fertile dépend du stockage des spermatozoïdes dans les glandes utéro vaginales (appelées aussi glandes spermatiques) d'où ils sont relâchés pour être transportés jusqu'à l'infundibulum où la fécondation des ovules a lieu (Brillard, 1993). Les spermatozoïdes qui sont stockés dans les glandes utéro vaginales peuvent survivre en conservant leur fécondance pendant une durée maximum de l'ordre de 21 jours chez la poule, 60 jours chez la dinde et 15 jours seulement chez la cane dans le croisement inter générique avec le mâle Barbarie. La polyspermie (pénétration de l'ovule par plusieurs spermatozoïdes) est fréquente, mais un seul spermatozoïde fusionne avec l'ovule. Les œufs sont fécondés à partir du deuxième jour après l'insémination et l'on observe alors un taux de fertilité maximum. L'on a défini une durée maximum de la période fertile (ou de la fertilité) qui est l'intervalle de temps entre le deuxième jour après l'insémination et le dernier œuf pondu fécondé (Sauveur, 1988). Cette durée maximum de la période fertile a une variabilité entre espèces et aussi entre animaux de la même espèce. Elle a une variabilité génétique avec une héritabilité de 0,20 ou 0,22 suivant l'âge chez la poule (Beaumont, 1992) et de 0,21 ou 0,28 suivant la souche chez la cane commune de race Tsaiya Brune utilisée comme mère du mulard (Poivey *et al.*, 2001). Une sélection est donc possible. L'évolution du taux de fertilité des œufs après l'insémination détermine les intervalles entre inséminations à utiliser afin d'obtenir un taux moyen de fertilité optimum. Chez la poule, le taux de fertilité atteint une valeur proche de son maximum au deuxième jour après l'IA puis se maintient ou décroît très légèrement pendant 7 jours et ensuite décroît rapidement suivant une courbe sigmoïdale pour devenir nul vers le 21^{ème} jour. Cette décroissance du taux de fécondation des œufs chez la poule a été modélisée suivant l'équation d'une courbe logistique (de Reviers, 1988, dans Sauveur, 1988). Chez la cane commune mère du mulard non sélectionnée pour ce critère, il a été montré que ce taux de fertilité décroît rapidement à partir du 4^{ème} jour après l'IA, ce qui nécessite de réaliser deux IA par semaine.

Seuls, les œufs fécondés sont fertiles et s'il n'y a pas de mortalité embryonnaire donnent des poussins. La mortalité embryonnaire est mesurée à trois stades, précoce (au premier mirage, quelques jours après la mise en incubateur), moyenne (à la mise en éclosoir) et tardive (à l'éclosion).

D. La ponte et la couaison

Chez la poule, la ponte (ou oviposition) a lieu 25-26 heures après l'ovulation (Cole et Cupps, 1977). Après l'oviposition de quelques œufs, dans les conditions naturelles, la femelle couve ses œufs (à 38-39°C) jusqu'à l'éclosion 21 jours après (Tableau III). En élevage, l'incubation artificielle des œufs permet d'augmenter le nombre des œufs pondus (Sauveur, 1982 ; Soltner, 1993). En effet, le fait de ramasser chaque jour les œufs pour les mettre à incuber empêche la couaison naturelle qui limitait la ponte.

Tableau III : Durées d'incubation chez les volailles domestiques (jours)

Espèce	Durée d'incubation naturelle (Fontaine, 1987)	Durée d'incubation naturelle (Sauveur, 1988)	Durée d'incubation artificielle
Poule	21		
Dinde	28		
Pintade	26-28		
Canard commun	28		28
Canard de Barbarie	36	35	35
Œufs à mulards			32
Oie	30-33	30	
Faisane	21-28	26	
Caille	21-28		
Pigeon	17-19		

Sauveur (1988) indique que les recommandations des fabricants d'incubateurs doivent être prises en compte pour moduler les valeurs de durée d'incubation. Avec le matériel d'incubation et les techniques actuelles, les durées d'incubation figurent dans la 3e colonne du tableau III. Il s'agit des durées d'incubation-éclosion.

E. Influence de la photopériode

Les oiseaux sont très sensibles à la lumière qui intervient sur leur reproduction par réflexe photo-sexuel. La lumière perçue par la rétine agit sur les noyaux de l'hypothalamus puis sur l'antéhypophyse qui sécrète des hormones gonado-stimulines stimulant les gonades, testicule ou ovaire. C'est la durée de la photopériode (la période claire du jour) surtout qui règle le cycle sexuel.

L'élevage dans des bâtiments avec des programmes lumineux particuliers permet de faire pondre un maximum d'œufs. La poulette est surtout sensible aux changements de photopériode. Les programmes lumineux en bâtiment obscur peuvent être :

- constant puis augmenter régulièrement (programme de King),
- décroissant puis croissant,
- de compromis avec une décroissance, une chute brutale, une stabilité puis une croissance (programme de Wilson).

En phase de ponte, il ne faut pas laisser une décroissance de durée lumineuse.

Le nycthémère (somme de la suite d'une période claire et d'une période de nuit) peut être de 24 heures (nycthémère naturel) ou non : cycles ahéméraux pour obtenir un œuf tous les 20 ou 22 heures au lieu de 24 heures. Il existe aussi des programmes lumineux fractionnés ou intermittents avec des éclaircissements supérieurs à une heure (Sauveur, 1988).

Le phénomène physiologique de photo stimulation en jours croissants chez les oiseaux a conduit à l'établissement de programmes lumineux utilisés par les éleveurs pour améliorer la

ponte chez des espèces qui étaient fortement saisonnées. Chez ces espèces, la ponte en photopériode naturelle est initiée au printemps en période d'accroissement de la durée d'éclairement et s'arrête lorsqu'il y a décroissance de la durée du jour.

Chez la cane de barbarie élevée dans des bâtiments sans fenêtres, le programme lumineux utilisé par les sélectionneurs et multiplicateurs conduit à une entrée en ponte à l'âge de 29 semaines, suivie d'un premier cycle de ponte de 20 à 22 semaines de durée, suivie d'une mue de 12 semaines de durée et d'un deuxième cycle de ponte d'une durée de 20 semaines (Sauveur, 1988 ; Sauveur et de Carville, 1990). L'on peut ainsi obtenir en moyenne par cane Barbarie 100 œufs pondus et 80 canetons éclos en première ponte, 90 œufs pondus et 70 canetons en deuxième ponte.

Chez la poule en période de ponte élevée en poulailler clair (avec fenêtres), en pratique l'utilisation d'un éclairage complémentaire hivernal a permis de maintenir une ponte élevée en hiver, en ne laissant pas une décroissance de durée lumineuse s'introduire en phase de ponte. En poulailler obscur, il n'existe pratiquement pas de réponse supplémentaire de ponte au-delà de 14 h de lumière par 24 h (Sauveur, 1988).

Les effets de la photo stimulation sur la ponte s'arrêtent lorsque débute une période dite période photo réfractaire (défaut de maintien de la production d'hormones gonadotropes sous des jours longs) qui conduit à la diminution puis l'arrêt de la ponte et qui prend plusieurs formes suivant les espèces. Chez la poule, la ponte diminue graduellement.

Les oies sont une espèce très saisonnée, la ponte commençant sous notre latitude et en conditions d'éclairement naturel au mois de février et s'arrêtant en juin. Il a été montré qu'une durée d'éclairement courte appliquée à l'entrée en ponte (9 h de lumière par 24 h jusqu'à un maximum de 11 h de lumière par 24 h) permet d'augmenter la durée de ponte et la production d'œufs et d'oisons, la période photo réfractaire étant initiée plus tard que sous une durée d'éclairement longue.

II. La technique de l'insémination artificielle

Elle suit 3 étapes :

- la récolte du sperme,
- la dilution du sperme et le conditionnement de la semence,
- l'examen et la mise en place de la semence.

A. Insémination artificielle de la poule

1. La récolte du sperme : *Récolte par massage (coq)*

La récolte du sperme de coq nécessite le travail de 2 personnes. Le 1^{er} opérateur tient les pattes du coq de sa main gauche. Le 2^e opérateur, assis, reçoit le coq sur ces cuisses et de la main gauche pratique des massages dorsaux et des manipulations de la queue. De la main droite, il effectue au besoin des gestes doux de traite dans la région abdominale et cloacale du coq en évitant de faire apparaître du sang. Au moment de l'éjaculation, un des opérateurs recueille le sperme. Certains coqs éjaculent par jets saccadés ; chez d'autres le sperme s'écoule lentement. Des appareillages ont été mis au point pour permettre de collecter le sperme dans un tube collecteur maintenu à 20-25°C, la température optimale pour la survie des spz (Morin, 1976). Des récolteurs jetables de 5 ml ou de 10 ml pour semence aviaire ainsi que des tubes pour récolteur jetable, des tuyaux flexibles et des mélangeurs de semence sont commercialisés (IMV, s.d. a).

Il convient d'éviter de mélanger de l'urine, des fèces ou des sécrétions annexes au sperme, qui normalement est blanc crémeux, homogène et opaque. Le volume collecté par coq est de 0,5 à 1,5 ml (Morin, 1976). 80 à 120 coqs peuvent être récoltés par heure.

2. La dilution du sperme et le conditionnement de la semence

a. Evaluation du sperme (spermogramme)

Le **volume** est apprécié avec plus de précision en pesant le sperme par double pesée (densité proche de 1) qu'en lisant le volume sur un tube gradué.

La **concentration** peut être mesurée à l'hématimètre après dilution (1/1 000 à 1/10 000) avec une solution formolée à 1%, après décantation. Elle peut être évaluée plus rapidement avec un photomètre après étalonnage. Le sperme est pour cela dilué à 0,5 ou 1 %. La dispersion de la lumière est en relation avec la concentration en spz. Le taux de dilution du sperme est déduit du volume et de la concentration (Sauveur, 1988). Le sperme doit être extrêmement propre. Le photomètre avicole du commerce peut calculer le volume de dilueur à ajouter et le nombre de doses obtenues. Des paillettes de 1,2 ml sont commercialisées (IMV, s.d. a).

La **qualité des spz**

In vitro, la motilité massale du sperme est intéressante à apprécier. La proportion de spz mobiles est plus difficile à évaluer.

Le nombre de spz récolté par semaine pour chaque coq permet d'exprimer leur production de spz et d'apprécier le nombre de poules pouvant être inséminées (Sauveur, 1988).

La motilité et la morphologie des spz peuvent être analysés automatiquement (IMV, s.d. a). Les tests qui permettent le mieux de prédire la cryoconservation de la semence sont la fluidité de membrane, le pourcentage de spz viables et normaux et le pourcentage de spz mobiles (Blesbois *et al.*, 2008).

b. Le sperme frais

Chez la poule, il se conserve peu de temps à température ordinaire ou à 10-15°C : 30-45 min pur après la récolte. Il faut donc le diluer très vite si on ne l'utilise pas très rapidement.

Les taux de dilution sont par exemple : 2/3 de sperme, 1/3 de dilueur ou ½ sperme et ½ dilueur (cas du dindon) (Morin, 1976). Le sperme est récolté dans une bouteille thermos maintenue à 10-15°C (Hafez, 1987).

Le temps de conservation peut être un peu augmenté en diluant et en refroidissant le sperme, souvent entre 2 et 10-15°C (Blesbois, Seigneurin, 1997).

Chez les volailles, le sperme non dilué donne de meilleurs résultats que le sperme dilué.

Exemples de **dilueurs** :

- le lait entier pasteurisé préconisé par l'Université de Massachussets,
- un liquide de Ringer modifié préconisé par Bonnier et Trulsson à raison de 9 ml pour 1 ml de sperme :

NaCl	68 g
KCl	17,33 g
CaCl ₂	2,50 g
NaCO ₃	24,5 g
Eau	10 litres (Derivaux, 1958),

- une solution physiologique à 1,025 % tamponnée à pH 7 à 8 (Hafez, 1987).

De Reviers (1988) donne la composition de 3 autres dilueurs : ceux de Van Wambeke, 1972, (avec blanc d'œuf et lait écrémé) de Sexton, 1977 et de Lake et Ravie, 1981. Un milieu de conservation avicole en ampoules de 4 ml est commercialisé (IMV, s.d. a).

Pendant la conservation du sperme, après la collecte, les pourcentages de spz mobiles et normaux diminuent alors que la teneur en lipides et la proportion de phospholipides dans les spz diminuent, indiquant une lyse des lipides (Blesbois *et al.*, 1999).

Le **nombre de spz par dose** de semence fraîche minimal est de 60 à 100 millions chez la poule. En pratique, il est de 100 à 150 millions ou plus (Brillard, 1982). Les doses de semence sont ajustées en général à 100 millions de spz par ml pour les poules jeunes et 200 voire 300 millions de spz par ml pour les poules âgées, de 45-65 semaines d'âge (Brillard et de Reviers, 1989), souvent à 250 millions de spz par ml (Blesbois, Seigneurin, 1997). La moyenne de 200 millions est considérée dans le tableau I.

c. Le sperme congelé

La congélation du sperme est souvent préparée à 4°C, après dilution moitié moitié puis addition d'un cyoprotecteur : glycérol (11 %), bien qu'il soit contraceptif chez la poule, DMSO (4 %), voire diméthylacétamide. La congélation se fait dans les vapeurs d'azote, après conditionnement dans des paillettes (refroidissement 40°C par minute), des ampoules ou en pellets. Le stockage se fait dans l'azote liquide (à - 196°C) (de Reviers, 1988 ; Tselutin *et al.*, 1999).

Le glycérol était le meilleur agent protecteur, mais il faut l'enlever avant l'insémination par centrifugation ou dialyse (Blesbois, Seigneurin, 1997).

3. L'examen et la mise en place de la semence

La semence peut être contrôlée avant d'être mise en place. La semence est injectée dans le vagin des femelles avec une seringue hypodermique ou avec un tube dans lequel l'opérateur souffle. La mise en place peut être faite avec un équipement mécanisé ou à la main.

a. **Avec du sperme frais**, 2 personnes servent à la mise en place. L'une tient la poule et pratique l'éversion du cloaque. L'autre injecte la semence. L'extrémité du pistolet est enfoncée de 2 cm dans l'orifice vaginal. Les poules sont inséminées 1 fois par semaine, en fin d'après midi (Morin, 1976). La mise en place est possible à différents niveaux de l'appareil génital femelle, mais en pratique le lieu préféré est à mi-distance du vagin (de Reviers, 1988).

La collecte du sperme pour insémination avec de la semence fraîche doit être fréquente : une fois par jour par exemple chez le coq. La mise en place de la semence est faite une fois par semaine pour chaque poule. Le moment de l'IA doit être pendant une période favorable du cycle ovulatoire de la poule, au moins 4 heures avant ou 4 h après l'oviposition pour éviter les contractions utérines défavorables (Brillard et de Reviers, 1989). Puisque les poules pondent surtout 4 heures après l'allumage, il convient de les inséminer au moins 8 h après l'allumage, surtout en début de reproduction (de Reviers, 1988). Mais si l'on veut connaître avec certitude le père des œufs fécondés, les inséminations doivent être séparées de 2 à 3 semaines chez la poule (de Reviers, 1988).

Le volume inséminé est de l'ordre de 0,1 ml de sperme dilué pour la poule (Hafez, 1987). Des pipettes pour poules sont commercialisées (IMV, s.d.a).

b. **Avec du sperme congelé**

La décongélation doit être rapide et la mise en place faite sans délais, en évitant les chocs thermiques (réchauffements et refroidissements successifs).

B. Insémination artificielle de la dinde

1. La récolte du sperme

La viabilité du sperme est meilleure lorsque le rythme de collecte est rapide : par exemple 5 à 7 fois par semaine plutôt qu'une fois par semaine ou par 2 semaines (Noirault, Brillard, 1999). Des récolteurs jetables de 5 ml ou de 10 ml pour semence aviaire ainsi que des tubes pour récolteur jetable, des tuyaux flexibles et des mélangeurs de semence sont commercialisés (IMV, s.d. a).

2. La dilution du sperme et le conditionnement de la semence

Un photomètre avicole du commerce peut être utilisé pour le sperme de coqs et de dindons (IMV, s.d. a).

La semence de dindon peut être conditionnée dans des paillettes « avicoles » de 0,54 ml. Le sperme est examiné au moyen d'un photocalorimètre pour connaître avec précision la concentration qui peut varier beaucoup entre éjaculats. Pour les dindes, 150 millions de spz totaux par dose étaient utilisés avec une dilution de 1 pour 1. Un volume de 5 ml après dilution permettait de réaliser 200 IA (IMV, 1980). Le nombre de spz par dose de semence fraîche était de 40 à 200 millions chez la dinde (Brillard, 1982).

Un milieu de conservation avicole en ampoules de 4 ml ou 2,5 ml ainsi qu'un milieu avec ciprofloxacine (un antibiotique fluoroquinone) sont commercialisés maintenant (IMV, s.d. a). Pendant le stockage de la semence à 4°C, le taux de phospholipides diminue, ce qui peut être expliqué par une lyse des phospholipides des membranes des spz (Douard *et al.*, 2000).

3. L'examen et la mise en place de la semence

Chez la dinde, la mise en place est faite toutes les 2 ou 3 semaines (Hafez, 1987). Mais si l'on veut connaître avec certitude le père des œufs fécondés, les inséminations doivent être séparées de 6 semaines chez la dinde (de Reviers, 1988).

Le volume injecté est de l'ordre de 0,05 ml pour la dinde (Hafez, 1987).

Pour les dindes, une seringue à molette très précise (au microlitre près entre 0 à 200 microlitres) a été mise au point anciennement (IMV, 1980). Un système M.R.A. de 50 microlitres semi-automatique à compteur, un pistolet pompe, une chaise d'insémination avicole sont commercialisés (IMV, s.d. a).

C. Insémination artificielle de la pintade

1. La récolte du sperme

La récolte se fait par 2 opérateurs, avec massage dorsal, abdominal et cloacal. Le sperme est aspiré dans un collecteur tel l'appareil de Cooper (Figure 3). Cet appareil comprend :

- une gaine de protection,
- un tube collecteur de 5 ml,
- une fine canule coudée et émoussée pour aspirer le sperme,
- un tube souple dont l'extrémité va dans la bouche du collecteur qui aspire pour faire venir le sperme dans le tube collecteur,
- un porte tube qui maintient le tube collecteur à l'abri de la lumière et des variations de température (Camy, 1973).

Des récolteurs jetables de 5 ml ou de 10 ml pour semence aviaire ainsi que des tubes pour récolteur jetable, des tuyaux flexibles et des mélangeurs de semence sont commercialisés (IMV, s.d. a).

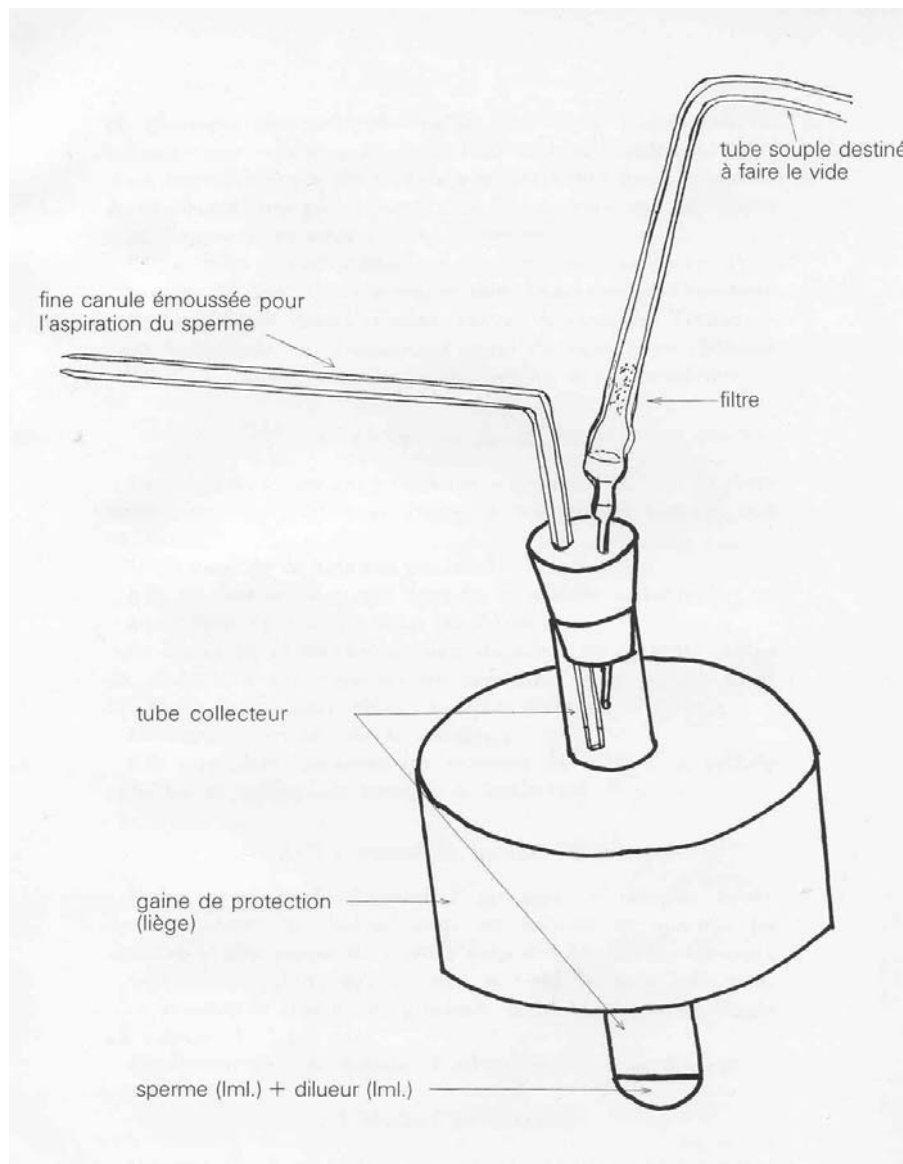


Figure 3 : Collecteur de sperme de pintade (Camy, 1973)

2. La dilution du sperme et le conditionnement de la semence

Il est possible de diluer au taux $\frac{1}{2}$ pour $\frac{1}{2}$ (Camy, 1973). Mieux, le photomètre permet de connaître la densité, très variable dans cette espèce : 3 à 10 milliards de spz par ml. La semence peut être conditionnée dans des paillettes : paillettes avicoles de 0,54 ml (IMV, 1980). Le nombre de spz par dose de semence fraîche est de 50 millions chez la pintade (Brillard, 1982).

Dilueurs : Le liquide de Ringer modifié préconisé par Bonnier et Trulsson peut être utilisé. Le mélange suivant a donné de bons résultats à Szumowski :

- Glycocolle 0,75 g
- Na Cl 0,58 g
- Eau distillée 100 ml.

Il existe aussi des préparations commerciales dont la composition n'est pas dévoilée. (Camy, 1973).

Un milieu de conservation pour pintades en ampoules de 1 ml ainsi qu'un milieu avec ciprofloxacine (un antibiotique fluoroquinone) sont commercialisés (IMV, s.d. a).

3. L'examen et la mise en place de la semence

L'insémination doit être faite environ dans l'heure qui suit la collecte. Elle est pratiquée tous les 8 à 10 jours en moyenne (Camy, 1973). La mise en place recommandée est peu profonde dans le vagin : 2-3 cm (Brillard, 1982). Des appareils ont été mis au point (« mitrailleuse ») pour injecter rapidement des volumes de semence variables chez les pintades en utilisant une gaine jetable pour chaque insémination.

La première insémination est pratiquée vers la 3^e semaine après l'entrée en batterie. Ensuite, il ne faut pas inséminer pendant l'intervalle de ponte qui dure 11 à 14 heures pour plus de 70 % des femelles. L'œuf ne doit pas être près du cloaque. Les inséminations sont faites le matin (7h30 à 10h30) et l'après-midi (13h30 à 17h30). Chaque jour, un sixième de l'effectif des femelles est manipulé (Camy, 1973).

Il existe des mitrillettes pour des paillettes de 0,5 ml protégées par des gaines adaptées aux pintades (IMV, s.d. a).

D. Insémination artificielle des canes

L'insémination artificielle est utilisée chez le canard commun et le canard de barbarie en pur pour la sélection où la multiplication lorsque les reproducteurs sont élevés en cages individuelles. Elle est utilisée comme technique de reproduction pour produire des mulards pour le foie gras en France (seuls les mulards mâles sont gavés) et pour la viande en Asie et dans le sud-est asiatique. Le mulard est l'hybride stérile du croisement inter générique entre le canard de Barbarie (*Cairina moschata*) et la cane commune (*Anas platyrhynchos*). Lorsque les éleveurs, au début des années 1980 ont voulu développer la production de mulards pour le gavage en France, l'accouplement naturel donnait un faible taux de fertilité (35 %) et l'insémination artificielle de la cane commune mère du mulard n'était pas maîtrisée. Les éleveurs de Taiwan produisaient du mulard à rôti obtenu par insémination artificielle suivant une technique qui déjà était connue et maîtrisée (Rouvier *et al.*, 1984). Le succès de cette technique adaptée aux animaux reproducteurs utilisés en France a montré qu'il n'y avait pas d'incompatibilité gamétique ou génétique à la fécondation entre les deux espèces et qu'il y avait surtout une barrière comportementale en saillie naturelle (Rouvier *et al.*, 1987). Les résultats ont montré aussi que l'IA bien maîtrisée pouvait être utilisée comme méthode de reproduction pour augmenter le nombre de canetons mulards produits par cane et que cette méthode était utilisable également sur le plan de la sélection pour un test précis des reproductrices comme la cane Pékin Européenne (Rouvier *et al.*, 1988). Cependant, du fait d'une faible durée de la période fertile, il est nécessaire d'inséminer chaque cane deux fois par semaine et le taux de fécondation moyen pouvait être amélioré. Le nombre d'œufs fécondés à la suite d'une seule insémination pour des embryons mulards est un caractère héritable, avec une héritabilité estimée de l'ordre de 0,25 à 0,30 (Poivey *et al.*, 2001). Les résultats d'une sélection expérimentale de la cane tsaïya sur le nombre d'œufs fécondés à la suite d'une seule insémination avec la semence mélangée de canard de Barbarie ont montré que la sélection de la cane commune pour une seule IA par semaine est possible (Cheng *et al.*, 2002, 2005, 2009) (Figure 4).

1. La récolte du sperme : *Récolte avec une cane boute-en-train*

L'opérateur présente un tube de récolte (11 cm de long, 3 cm de diamètre) ou une ampoule de verre sous le cloaque juste avant l'intromission en faisant saillir le pénis en pressant légèrement le dessus du cloaque du mâle. L'utilisation d'une cane boute-en-train est nécessaire pour la collecte du sperme de canard de Barbarie. Le volume de sperme collecté est de 0,05 à 1,5 ml chez le canard de Barbarie et de 0,2 à 1,2 ml chez le canard commun, des valeurs légèrement différentes ayant été indiquées pour les souches utilisées à Taiwan (Tableaux I et II). Les canards mâles doivent être entraînés à la collecte suivant un protocole défini. Certains canards ne peuvent pas être collectés (Sauveur, 1988). A Taiwan, 60 % des jeunes mâles pouvaient être collectés après 2 semaines d'entraînement (Rouvier *et al.*, 1984). Des récolteurs jetables pour canard sont aussi commercialisés (IMV, s.d.a).

2. La dilution du sperme et le conditionnement de la semence

Les caractéristiques moyennes du sperme et le nombre de doses de semence possibles sont dans les tableaux I et II.

Un photomètre avicole du commerce peut être utilisé pour le sperme de canards (IMV, s.d. a). A Taiwan, le dilueur était une solution de chlorure de sodium à 7,5 p. 1000. La dilution n'est pas utilisée pour la semence de barbarie, elle est utilisée à 1 pour 1 pour la semence du canard commun (Rouvier, 1984). Un dilueur de conservation en ampoules de 5 ml (avicole) ou de 25 ml (milieu canard) sont commercialisés (IMV s.d. a).

3. L'examen et la mise en place de la semence

Dans l'IA de la cane commune mère du mulard, à Taiwan, le sperme frais était utilisé en semence mélangée de semences de trois canards ou plus, dans l'heure suivant la récolte. La personne tenant la cane retournait le vagin de celle-ci. L'autre opérateur déposait 0,025 ml au fond du vagin, au niveau du col de l'utérus, avec une pipette en verre. Trois personnes peuvent inséminer 1 000 canes en 2,5 heures. L'optimum de fertilité est obtenu avec des inséminations tous les 2 ou 3 jours, le rythme de deux inséminations de chaque cane par semaine à des intervalles de 3 et 4 jours étant suivi en pratique (Rouvier *et al.*, 1984).

En France, Rouvier *et al.* (1987, 1988), ont utilisé 0,05 ml de semence fraîche mélangée, déposée au niveau de la jonction entre le vagin et l'utérus, avec ou sans retournement du vagin, en inséminant deux fois par semaine à des intervalles successifs de trois et quatre jours.

En pratique, de nos jours, les IA de la cane commune (cane Pékin) mère du mulard sont faites suivant cette procédure : insémination (immédiatement après la collecte) de 0,05 ml de semence fraîche mélangée de semences de plusieurs canards de Barbarie. L'on cherche à déposer cette semence dans le vagin profond, au niveau des glandes spermatiques utero vaginales. Comme la cane commune pond au milieu de la nuit, ces inséminations sont pratiquées de préférence dans la matinée. Les inséminations de chaque cane ont lieu deux fois par semaine à des intervalles de 3 et 4 jours. Il existe des mitraillettes pour des paillettes de 1,2 ml adaptées aux canes (IMV, s.d. a).

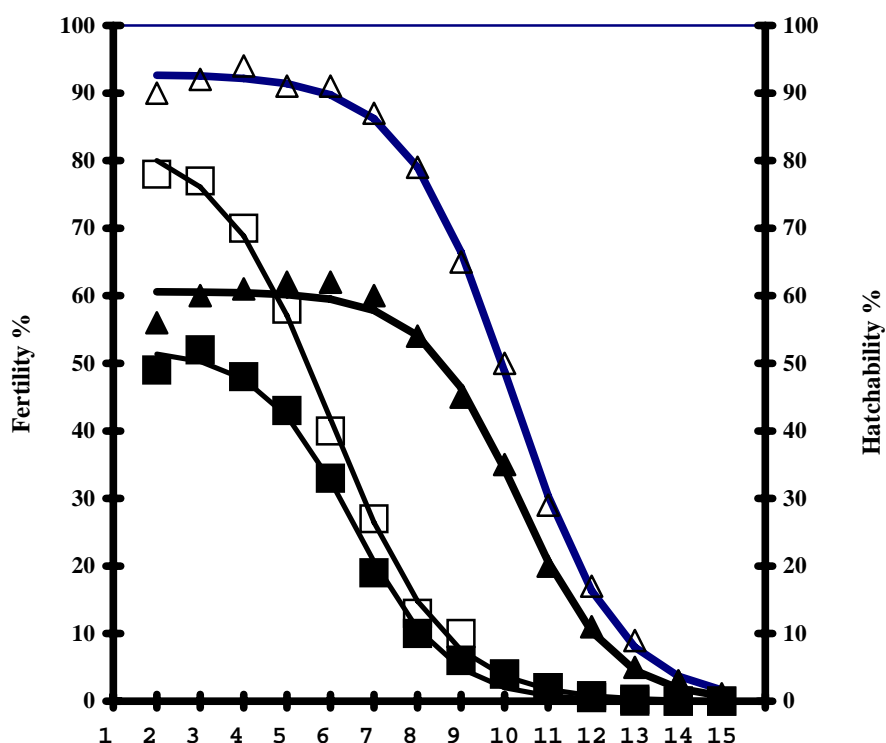


Figure 4 : Taux de fertilité (Fertility %) après une insémination artificielle (AI) avec la semence mélangée de canard de Barbarie dans les lignées sélectionnée (Δ) et contrôle (□) Brown Tsaiya dans la génération G11 et taux d'éclosabilité (Hatchability % : œufs éclos/œufs incubés) dans les deux lignées sélectionnée (▲) et contrôle (■).

Les courbes sont les fonctions logistiques qui ajustent les taux de fertilité et d'éclosabilité en ordonnée en fonction du nombre de jours après l'IA en abscisse (J2 à J15). Dans : Cheng YS, Rouvier R, Poivey JP, Huang SC, Liu HL, Tai C : Selection responses in duration of fertility and its consequences on hatchability in the intergeneric crossbreeding of ducks. British Poultry Science 2005, 46:565-571.

E. Insémination artificielle de l'oie

Elle n'est pratiquée, jusqu'à présent que pour des raisons de recherches expérimentales en physiologie et par les sélectionneurs comme méthode de reproduction pour la sélection.

1. La récolte du sperme : Récolte par massage (jars)

Les jars sont entraînés 1 ou 2 semaines avant les premières collectes, et gardés à jeun 12 heures avant chaque collecte. Un opérateur maintient le jars sur ses genoux et masse le dos et l'abdomen du jars jusqu'au contact des os pubiens. Un 2^e opérateur collecte le sperme par aspiration et le dépose dans un tube à culot conique.

Le volume de sperme collecté est en moyenne de 0,3 ml par éjaculat avec 150 millions de spz (Sellier *et al.*, 1995, pour l'oie grise des Landes ; Guy et Buckland, 2002). La récolte est faite 3 à 5 fois dans la semaine (Sellier *et al.*, 1995).

2. La dilution du sperme et le conditionnement de la semence

Pour la reproduction des oies, le sperme pur de 5 à 10 jars peut être mélangé pour inséminer 0,05 ml à chaque femelle. Les oies sont inséminées 2 fois par semaine avec 20 millions de spz. Il est aussi possible de conserver 6 heures à 4°C du sperme dilué (Sellier *et al.*, 1995 ; Guy et Buckland, 2002).

3. L'examen et la mise en place de la semence

Le volume inséminé est de l'ordre de 0,05 ml pour l'oie (Hafez, 1987).

F. Insémination artificielle d'oiseaux sauvages

1. La récolte du sperme

La saison de reproduction est souvent courte, ce qui limite les possibilités. 3 techniques de collecte peuvent être utilisées :

- l'approche coopérative ou volontaire, c'est-à-dire avec la copulation volontaire du mâle sur un engin spécial,
- l'électroéjaculation,
- le massage abdominal.

2. La dilution du sperme et le conditionnement de la semence

Le sperme peut être utilisé pur ou peu dilué, au taux de 1/2. Il vaut mieux inséminer un petit volume concentré qu'un grand volume peu concentré.

3. L'examen et la mise en place de la semence

L'insémination intravaginale profonde donne les meilleurs résultats. Le volume à inséminer varie largement selon les espèces :

- passereaux : 5 à 10 microlitres,
- oiseaux moyens : 33 à 150 microlitres,
- grues : 0,1 à 0,2 ml,
- autruches : 0,6 à 1,4 ml. (Blanco *et al.*, 2009).

III. Résultats

Chez la poule, en sperme congelé, avec 4 inséminations en 10 jours (1,2 milliards de spz), un taux de fécondation de 93 % a été obtenu par Lake (Sauveur, 1988), mais avec un prix de revient du poussin trop élevé. Les taux de fécondation atteignaient 80 à 90 % en 1997, en sperme congelé, avec une variabilité élevée (Blesbois, Seigneurin, 1997).

Dans l'élevage en cages des reproducteurs l'on utilise habituellement l'IA avec du sperme frais. Des taux de fécondation moyens sur la période de ponte de près de 93 % ont été obtenus sur des poules « nanifiées » de type chair (de Reviers, 1988).

Chez les dindes, la fécondité est proche de 92 à 93 % en sperme frais (de Reviers, 1988 in Sauveur).

Chez les pintades, le pourcentage de ponte est de 66 à 80 % et le taux d'éclosion est de 82 à 90 % ou plus. Le nombre d'œufs pondus est de 170 à 200 œufs par an par animal (Camy, 1973).

Chez les canes, les taux de fertilité des œufs obtenus par IA dans le croisement inter générique sont plus faibles (70 à 80 %) que ceux obtenus en races pures dans chacune des races parentales du mulard, Barbarie et cane commune (90 %) comme indiqué dans Brun *et al.* (2005) et Marie-Etancellin *et al.* (2008). La décroissance du taux de fertilité après une seule IA lorsque la cane commune est inséminée avec la semence de Barbarie est plus rapide que lorsqu'elle est inséminée avec la semence de canard commun et il y a aussi une plus grande difficulté à bien maîtriser la technique d'insémination artificielle en croisement inter générique qu'en pur. Les résultats de Taiwan, rapportés par Rouvier *et al.* (1984) faisaient apparaître des variations de taux de fertilité entre trois élevages utilisant des animaux des mêmes souches et la même technique d'IA, qui étaient de 63,3 %, 70,0 % et 83,5 % avec une moyenne générale de 71 %. Ces différences peuvent être imputées à la maîtrise de la technique de l'IA. Sur 155 canes de race Pékin Européenne contrôlées individuellement pendant les 18 premières semaines de ponte, inséminées deux fois par semaine avec la semence mélangée de canard de Barbarie, Rouvier *et al.* (1988) ont obtenu des taux moyens d'œufs fécondés et d'œufs éclos donnant des canetons mulards vivants par rapport aux fécondés qui étaient respectivement de 0,71 et 0,76. Un effet important de la cane était mis en évidence avec des répétabilités cane de 0,88 et 0,82 respectivement pour les deux caractères. La durée de la fertilité de la cane commune mère du mulard peut se sélectionner. La Figure 4 donne les évolutions des taux de fertilité et des taux d'éclosabilité (éclos/mis à incuber) en p.100 en fonction du nombre de jours après une seule insémination artificielle avec la semence mélangée de canard de Barbarie, dans la souche de cane commune (cane Tsaiya Brune) sélectionnée et dans la souche témoin non sélectionnée, à la 11^{ème} génération de sélection. A la 12^{ème} génération de sélection (Cheng *et al.*, 2009), les taux de fertilité dans la souche sélectionnée et dans la souche témoin sont respectivement aux différents jours après une seule IA : J2 (91 % vs 85 %), J3 (94 % vs 87 %), J4 (92 % vs 74 %), J5 (92 % vs 69 %), J6 (92 % vs 69 %), J7 (87 % vs 36 %) et J8 (81 % vs 26 %). La décroissance continue ensuite suivant l'allure d'une fonction logistique jusqu'à J15 (3 % vs 0,5 %). Cette amélioration des taux de fertilité s'est réalisée sans détérioration des taux d'éclosabilité. Il est donc possible d'augmenter par sélection les taux de fertilité des 7 jours de fécondation après une seule IA et de sélectionner pour inséminer une seule fois par semaine tout en obtenant un taux de fertilité moyen satisfaisant (89 % pour la souche sélectionnée dans cette expérience de sélection).

Chez l'oie, la fertilité est proche de celle obtenue en saillie naturelle lorsque la technique est bien maîtrisée.

Bibliographie

Bah G. S., Chaudary S. U. R., Al-Amin J. D., 2001. Semen characteristics of local breeder cocks in the Sahel region of Nigeria. *Rev Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **54** (2): 153-158.

Beaumont C., 1992. Genetic parameters of the duration of fertility in hens. *Can. J. Anim. Sci.* : 193-201.

Blanco J. M., Wildt D. E., Höfle U., Voelker W., Donoghue A. M., 2009. Implementing artificial insemination as an effective tool for ex situ conservation of endangered avian species. *Theriogenology*, **71** (1): 200-213.

Blesbois E., Seigneurin F., 1997. Conservation in vitro du sperme chez les oiseaux domestiques. *In*: 2e journées de la recherche avicole. Tome 2, Centre de congrès de Vinci, Tours, France, 1997/04/08-10, ITAVI / INRA / CNEVA/ WPSA/ WVPA/ Région Centre Paris. 33-36 p.

Blesbois E., Grasseau I., Hermier D., 1999. Changes in lipid content of fowl spermatozoa after liquid storage at 2 to 5°C. *Theriogenology*, **52** (2): 325-334.

Blesbois E., Brillard J., Favennec J., Gorvel P., Jamenot P., Seigneurin F., 2006. Artificial Insemination in poultry. *Repro. in Domestic Animals*, **41** (4): 298.

Blesbois E., Grasseau I., Seigneurin F., Mignon-Grasteau S., Saint Jalme M., Mialon-Richard M. M., 2008. Predictors of success of semen cryopreservation in chickens. *Theriogenology*, **69** (2): 252-261.

Brillard J. P., 1982. Aspects pratiques de l'insémination artificielle des femelles (poules, pintades, dindes). *In*: Fertilité et insémination artificielle en aviculture, 20 avril 1982, Station de recherches avicoles INRA, BP n°1, 37380 Monnaie / ITAVI. p. 77-102.

Brillard J. P., 1993. Sperm storage and transport following natural mating and artificial insemination. *Poult. Sci.* **72** : 923-928.

Brillard J. P., de Reviers M., 1989. L'insémination artificielle chez la poule. Bases physiologiques et maîtrise du taux de fécondation des oeufs. *INRA Prod. Anim.*, **2** (3): 197-203.

Brun J.M., Richard M.-M., Marie-Etancellin M.-M., Rouvier R., Larzul C., 2005. Le canard mulard : déterminisme génétique d'un hybride intergénérique. *INRA Prod. Anim.*, **218** (5): 295-308

Camy G.-A.-L., 1973. Contribution à l'étude de l'élevage de la pintade en batterie d'insémination artificielle. Thèse méd. vét. n° 12, ENVET, Toulouse, 60 p.

Cheng Y.S., Rouvier R., Poivey J.P., Tai Liu J.J., Tai C., Huang S.C., 2002. Selection responses for number of fertile eggs of Brown Tsaiya duck (*Anas platyrhynchos*) after a single artificial insemination with pooled Muscovy (*Cairina moschata*) semen, *Genet. Sel. Evol.* **34** (2002) 597-611.

Cheng Y.S., Rouvier R., Poivey J.P., Huang S.C., Liu H.L., Tai C., 2005. Selection responses in duration of fertility and its consequences on hatchability in the intergeneric crossbreeding of ducks. *Br. Poult. Sci.* **46** : 565-571.

Cheng Y.S., Rouvier R., Liu H L., Huang S C., Huang Y C., Liao C W., Liu Tai J J., Tai C., Poivey J P., 2009. Eleven generations of selection for the duration of fertility in the intergeneric crossbreeding of ducks. *Genetics selection Evolution*, 41:32.

de Revers M., 1988. Reproduction naturelle et insémination artificielle. INRA. Dans Sauveur, B. Reproduction des volailles et production d'oeufs. Paris (FRA) : INRA, 1, 1: 209-228. (Ouvrage)

Derivaux J., 1958. Physio-pathologie de la reproduction et insémination artificielle des animaux domestiques. Paris, Vigot Frères éditeur / Sté Anon. Desoer. ed., 1 vol., 467 p., p. 382.

Douard V., Hermier D., Blesbois E., 2000. Changes in Turkey Semen Lipids During Liquid In Vitro Storage. *Biology of Reproduction*, 63: 1450-1456.

FAO, 1998. Lignes directrices secondaires (pour le développement de plans de gestion des ressources génétiques animales au niveau national). Gestion des petites populations à risque. p. 213-214.

Fontaine M., 1987. Vade-mecum du Vétérinaire. Formulaire vétérinaire de pharmacologie, de thérapeutique et d'hygiène. Porcher C. Mollereau H., Nicolas E. et Brion A., Paris, Vigot. 15e ed., 1 vol., 1 642 p.

Guy G., Buckland R., 2002. Production des oies. FAO, Etude FAO Production et Santé animales n°154, ed., 1 vol., 139 p.

Hafez E. S. E., 1987. Artificial insemination in poultry. 5e édition Lea and Febiger. Hafez, E.S.E. Reproduction in farm animals. Reproduction chez les animaux d'élevage. Philadelphia, 1: 494-498.

IMV, 1980. Technique moderne d'insémination artificielle avec les paillettes françaises. L'Aigle, 61300, BP 76, France, 36 p.

IMV, s. d. a (avant 2009). Biotechnologies de la reproduction avicole. IMV technologies, 61 L'Aigle / SNC France Sexage, 35 Montfort s/Meu, 12 p.

IMV, s. d. b (avant 2009). Insémination artificielle en aviculture. IMV technologies, 61 L'Aigle / SNC France Sexage, 35 Montfort s/Meu, 35 p.

Institut d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 1991. Manuel d'aviculture en zone tropicale. Ministère de la Coopération, Collection manuel et précis d'élevage n° 2, Paris, 2e ed., 1 vol., 186 p.

Lake P.E., 1975. Gamete production and the fertile period with particular reference to domesticated birds. in: Symposium of the Zoological Society, London, vol. 35, pp. 225-244.

Marie- Etancelin C., Chapuis H., Brun J.M., Larzul C., Mialon-Richard M.M., Rouvier.R., 2008. Genetics and selection of mule ducks in France : a review. *World's Poultry science Journal*, Vol. 64, June.

Morin M., 1976. Le point sur l'insémination artificielle en aviculture. *BTIA*, (1): 5-7.

Noirault J., Brillard J. P., 1999. Effects of frequency of semen collection on quantitative and qualitative characteristics of semen in turkey breeder males. *Poult Sci*, **78** (7): 1034-1039.

Poivey J.P., Cheng Y.S., Rouvier R., Tai C., Wang C.T., Liu H.L., 2001. Genetic parameters of reproductive traits in Brown tsaiya ducks artificially inseminated with semen from Muscovy drakes. *Poult. Sci.* 80: 703-709.

Rouvier R., Tai J. J. L., Tai C., 1984. L'insémination artificielle des canes communes pour la production de mulards à Taiwan. La situation actuelle. *In*: Insémination artificielle et amélioration génétique : bilan et perspectives critiques (Les Colloques de l'INRA, no 29), Toulouse-Auzeville (France), 23-24 novembre 1983, Ed. INRA Publ. p. 360-368.

Rouvier R., Babilé R., Salzmänn F., Auvergne A., Poujardieu B., 1987. Répétabilité de la fertilité des canes Rouen et Pékin (*Anas platyrhynchos*) en croisement interspécifique avec le Barbarie (*Cairina moschata*) par insémination artificielle. *Génét. Sél. Evol.*, **19** (1): 103-112.

Rouvier R., Mialon M.-M., Salzmänn F., Poujardieu B., 1988. Fertilité et éclosabilité des oeufs d'une souche de canes Pékin (*Anas platyrhynchos*) en croisement interspécifique avec le Barbarie (*Cairina moschata*) par insémination artificielle. *Ann. Zootech.*, **37** (2): 73-86.

Sauveur B., 1982. Notions de physiologie de la reproduction femelle en relation avec l'insémination artificielle. *In*: Fertilité et insémination artificielle en aviculture, 20 avril 1982, Station de recherches avicoles INRA, BP n°1, 37380 Monnaie / ITAVI. p. 61-75.

Sauveur B., 1988. Reproduction des volailles et production d'oeufs. Paris (FRA) : INRA. ed., 1 vol., 449 p.

Sauveur B., de Carville H., 1990. Le canard de Barbarie. B. Sauveur, H. de Carville, ed. INRA, Paris, 1990.

Sellier N., Rousselot-Pailley D., de Reviers M., 1995. L'insémination artificielle chez l'oie grise des Landes : bilan et perspectives. *Productions Animales*, **8** (2): 127-133.

Soltner D., 1993. La reproduction des animaux d'élevage. Sciences et Techniques Agricoles, Collec. Sciences et Techniques Agricoles, 49130 Ste-Gemmes-sur-Loire, ed., 1 vol., 232 p.

Tselutin K., Seigneurin F., Blesbois E., 1999. Comparison of cryoprotectants and methods of cryopreservation of fowl spermatozoa. *Poultry Science*, **78** (4): 586-590.